

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理液を加圧する加圧手段と、加圧された前記被処理液を反応槽内に噴出するノズルとを備えてなるキャビテーション反応装置において、前記加圧手段に供給される前記被処理液に気体を注入する気体注入手段を備えてなることを特徴とするキャビテーション反応装置。

【請求項 2】 前記気体注入手段と前記加圧手段との間に前記被処理液に注入された気体を微細気泡化する微細気泡発生手段を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載のキャビテーション反応装置。

【請求項 3】 前記微細気泡は、直径が $0.3\mu\text{m}\sim 3\text{mm}$ の大きさであり、キャビテーション気泡の核として機能することを特徴とする請求項 1 及び 2 に記載のキャビテーション装置。

【請求項 4】 前記ノズルは、柱状の胴体の先端に凹部が形成され、該凹部の底に前記胴体に形成された液流路に連通する噴出孔が穿設され、かつ該凹部の側壁に開口部が設けられてなることを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載のキャビテーション装置。

【請求項 5】 前記ノズルは、先端が閉塞された管の先端部に噴出孔が穿設され、該噴出孔が位置する前記先端部の肉厚が該噴出孔周囲の肉厚よりも厚く形成されてなることを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載のキャビテーション反応装置。

【請求項 6】 前記微細化気泡発生手段は、気体を注入された前記被処理液が流通する先端部を閉塞した管路と、該管路の前記先端部の側壁に穿設された第 1 の噴出孔と、該第 1 の噴出孔に面して該第 1 の噴出孔から噴出する前記被処理液が衝突する衝突面が形成された第 1 の微細化室と、該第 1 の微細化室よりも大きな容積を有し、前記第 1 の微細化室と連通する第 2 の微細化室と、該第 2 の微細化室の壁面に穿設された第 2 の噴出孔とを備えることを特徴とする請求項 1 乃至 5 に記載のキャビテーション反応装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、キャビテーション反応装置に係り、特に、キャビテーション気泡の作用により液体中の物質の分解処理や微生物の殺滅処理などを行なうキャビテーション反応装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のキャビテーション反応装置は、反応槽内に加圧ポンプで加圧された被処理液をノズルから噴出することでキャビテーションを起し、発生したキャビテーション気泡の作用により被処理液中の物質の分解処理や微生物の殺滅処理を行なっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のキャビテーション反応装置では、キャビテーション気泡の発生

量が被処理液中の溶存気体の量などに左右されるため、溶存気体の量が少ない場合には、十分な処理能力が得られない。さらに、反応槽と加圧ポンプの間で被処理水を循環させながら処理する場合には、処理の進行と共に、キャビテーションの脱気作用により、キャビテーション気泡の核となる被処理液中の溶存気体が分離されてしまうため、キャビテーションが減衰し、十分な処理能力が得られなくなる。

【0004】本発明の課題は、処理能力を向上することができ、キャビテーション反応装置を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、被処理液を加圧する加圧手段と、加圧された被処理液を反応槽内に噴出するノズルとを備えてなるキャビテーション反応装置において、加圧手段に供給される被処理液に気体を注入する気体注入手段を備えることにより上記課題を解決する。

【0006】このような構成とすれば、気体注入手段で被処理液中に強制的にキャビテーション気泡の核となる気体を供給できるため、処理能力が被処理液中の溶存気体の量に左右されることがなく、また、キャビテーションの脱気作用によりキャビテーションが減衰することもない。すなわち、処理能力を向上させることができる。

【0007】さらに、気体注入手段と加圧手段との間に被処理液に注入された気体を微細気泡化する微細気泡発生手段を設け、被処理水中に注入された気体を微細気泡化することが望ましい。これによれば、キャビテーション気泡の核を著しく増加させて、反応を促進できる。このとき、微細気泡は、直径が $0.3\mu\text{m}\sim 3\text{mm}$ の大きさにすることが好ましい。これによれば、キャビテーション気泡の核として機能するので、大量の微細気泡が浮遊した状態の被処理液をノズルから噴出することでキャビテーションを増大できる。

【0008】また、ノズルは、柱状の胴体の先端に凹部が形成され、この凹部の底に胴体に形成された液流路に連通する噴出孔が穿設され、かつこの凹部の側壁に開口部が設けられているものを用いれば、キャビテーションを増大できるので好ましい。

【0009】この場合において、凹部は、ノズルの噴出孔から凹部の先端部に向けて径が漸次増大して形成されていれば、よりキャビテーションを増大できるので好ましい。

【0010】また、ノズルは、先端が閉塞された管の先端部に噴出孔が穿設され、この噴出孔が位置する先端部の肉厚がこの噴出孔周囲の肉厚よりも厚く形成されているものを用いても、キャビテーションを増大できるので好ましい。

【0011】また、微細化気泡発生手段は、気体を注入された被処理液が流通する先端部を閉塞した管路と、こ

の管路の先端部の側壁に穿設された第 1 の噴出孔と、この第 1 の噴出孔に面してこの第 1 の噴出孔から噴出する被処理液が衝突する衝突面を形成された第 1 の微細化室と、この第 1 の微細化室よりも大きな容積を有し、第 1 の微細化室と連通する第 2 の微細化室と、この第 2 の微細化室の壁面に穿設された第 2 の噴出孔とを備えるものを用いれば、効率よく微細気泡を発生できるので好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用してなるキャピテーション反応装置の一実施形態を図 1 及び図 4 を参照して説明する。図 1 は、本発明を適用してなるキャピテーション反応装置の概略構成図である。図 2 は、気体注入器の概略構成図である。図 3 は、微細気泡発生器の断面図である。図 4 (a) は、ノズルの斜視図、(b) は、(a) の A-A での断面図である。

【0013】本実施形態のキャピテーション反応装置は、図 1 に示すように、原水 1 と貯留槽 3 を繋ぐ管路 5 に設けられたポンプ 7、ポンプ 7 の下流側に設けられた気体注入手段である気体供給装置 9 と気体注入器 11、管路 5 の貯留槽 3 側の端部に設けられ、貯留槽 3 の底に設置されている微細気泡発生器 13、貯留槽 3 と反応槽 15 とを繋ぐ管路 17 に設けられた加圧ポンプ 19、そして管路 17 の反応槽 15 側の端部が連結され、反応槽 15 の底に取り付けられたノズル 21 などで構成される。

【0014】貯留槽 3 は、上部が開口されている開放型の槽であり、気体注入器 11 からの管路 5 が開口から、底に設置されている微細気泡発生器 13 に向けて配管されている。気体供給装置 9 は、例えばファン、ブロウ、コンプレッサ、圧縮気体ポンプなど気体を供給できる様々な装置類を用いることができるが、本実施形態では、大気を吸引して供給するブロウを用いている。つまり、本実施形態の気体供給装置 9 は、周囲の空気を吸引して供給するものである。気体注入器 11 は、図 2 に示すように、配管 5 の径が拡大した拡張部 23 を有し、この拡張部 23 に気体供給装置 9 からの管路 25 がほぼ垂直に分岐した略 T 字形状になっている。管路 25 と拡張部 23 の連通部 27 には多孔ノズル 29 が取り付けられている。

【0015】微細気泡発生器 13 は、図 3 に示すように、2 段構造になっており、上部の 1 次微細化室 31 と下部の 2 次微細化室 33 とで構成されている。1 次微細化室 31 内には、先端部が閉じられた管路 5 が連結されており、この管路 5 の先端部側面には、噴出孔 35 が穿設されている。1 次微細化室 31 は、噴出孔 35 の位置では管路 5 の外壁面とほぼ平行に壁面 36 が形成され、その下部は、壁面 36 で形成される空間よりも径が拡大されており、2 次微細化室 33 との連結部は、径が縮小されている。2 次微細化室 33 は、1 次微細化室 31 よりも

りも大きな容積を有する空間になっており、側壁の中央部には、噴出孔 37 が穿設されている。

【0016】加圧ポンプ 19 は、例えばプランジャポンプや歯車ポンプなど気体を含む液体を加圧して吐出できる様々なポンプ類を用いることができるが、本実施形態では、プランジャポンプを用いている。反応槽 15 は、図 1 に示すように、縦長の槽であり、底部には、ノズルマウント 35 を介してノズル 21 が上に向けて取り付けられており、また、反応槽 15 内の液体を排出するための排水弁 37 を設けた排水管路 39 が備えられている。反応槽 15 の上部には、キャピテーション反応後の被処理水 40 を次工程などへ供給する供給管路 41 と、反応槽 15 内で分離された気体を排出するための排気弁 43 を設けた排気管路 45 とが備えられている。また、加圧ポンプ 19 とノズル 21 の間の管路 17 は、耐圧ホース 46 で形成されている。ノズル 21 は、図 4 に示すように、柱状の胴体の先端部に、噴出孔 47 から先端に向けて径が漸増する半球状の凹部 49 を有している。つまり、噴出孔 47 は、凹部 49 の底の中央部に穿設されている。また、凹部 49 を形成する側壁 51 には、ほぼ等分の位置 4 箇所に略矩形の切り欠き状の開口 53 が形成されている。また、噴出孔 47 が中央部に穿設されている隔壁 57 の流路 55 側は、隔壁 57 の周囲から噴出孔 47 に向けて径が漸減するテーパ状に形成されている。

【0017】このような構成のキャピテーション反応装置の動作と本発明の特徴部について説明する。ポンプ 7 で汲み上げられ管路 5 を通流する原水、すなわち被処理水 1 は、図 1 に示すように、気体注入器 23 により、気体供給装置 9 から供給される空気が注入される。このとき、気体供給装置 9、すなわちブロウから供給される空気には、大気中またはブロウ中の微細な塵埃などの固体微粒子が含まれており、このような塵埃などの固体微粒子がキャピテーション気泡の核となる。

【0018】空気を注入された被処理水 1 は、微細気泡発生器 13 に送られ、図 2 に示すように、微細気泡発生器 13 内の管路 5 の先端部に設けられた噴出孔 35 からポンプ 7 の圧力で噴出される。この噴出流が 1 次微細化室 31 の壁面 36 に衝突することで、被処理水 1 に注入された気体が微細気泡化される。1 次微細化室 31 で発生した微細気泡は、2 次微細化室 33 で被処理水 1 とよく混合された後、被処理水 1 が噴出孔 37 から噴出する際の剪断力によりさらに微細化される。このため、微細気泡発生器 13 からは、多量の微細気泡 60 を含む噴流 61 が貯留槽 3 内に噴出される。微細気泡 60 が、図 1 に示すように、貯留槽 3 内の被処理水 62 中に分散されるため、貯留槽 3 内の被処理水 62 は、大量の微細気泡 60 が浮遊した状態となり白く濁って見える。このときの微細気泡 60 の粒径は、主に約 3～70 μm の範囲で分布している。これらの微細気泡 60 もキャピテーショ

ン気泡の核となる。このとき、さらに大きな気泡も存在しているが、粒径 3 mm 程度の気泡もキャビテーション気泡の核となり得る。微細気泡 60 は、水面に浮上するまでに時間を要するため、貯留槽 3 内の被処理水 62 中には、常にキャビテーション気泡の核となる微細気泡 60 が充満した状態になっている。

【0019】貯留槽 3 内の被処理水 62 は、加圧ポンプ 19 で所定の圧力まで加圧され、この高圧の被処理水 62 がノズル 21 から反応槽 15 内に、反応槽 15 の上方に向けて噴出される。高圧の被処理水 62 の噴出による噴流 63 は、キャビテーション気泡の核となる大量の微細気泡や塵埃などの固体微粒子を含むため、激しいキャビテーションを伴う。また、ノズル 21 は、図 4 に示すように、側壁 51 に開口 53 を有しているため、噴流 63 によりノズル 21 の周囲の水が開口 53 を通って拡張空洞部 49 に流入し、噴流 63 に巻き込まれる。したがって、流入した水中の微細気泡や固体微粒子などのキャビテーション気泡の核がさらに励起されキャビテーションが促進される。

【0020】キャビテーション気泡は、被処理水 40 中に供給された微細気泡や反応槽 15 内の被処理水 40 中の溶存気体であり、キャビテーション反応終了後、これらの気泡は、合体して大気泡となり、反応槽 15 内を浮上して、反応槽 15 の頂部に溜まる。溜まった気体は、排気弁 43 により、排気管路 45 から排出される。キャビテーション反応が終了した被処理水 40 は、供給管路 41 から次工程などに供給される。また、反応槽 15 内の被処理水 40 を貯留槽 3 や加圧ポンプ 19 などに循環させるような管路を設け、被処理水 40 を循環させながらキャビテーション反応を行なうこともできる。

【0021】ここで、キャビテーションとは、高圧の被処理液が、液中に噴出され減圧することによって気泡が発生し、発生した気泡が成長と圧縮・崩壊を繰り返す現象であり、特に、気泡の崩壊時には、断熱圧縮される。このようなキャビテーションにより次のような効果が生まれる。

(1) 断熱圧縮によって高温及び高圧状態が実現し、熱分解作用が生じる。

(2) 局所的に生じる高温度場において、ラジカルや過酸化水素が発生し、酸化作用が生じる。

(3) 気泡の崩壊時に衝撃圧が生じる。

【0022】上記 (1)、(2) の作用により、ダイオキシン、PCB すなわちポリ塩化ビフェニール、農薬などの環境ホルモン、またはトリクロロエチレンなどの発癌性の物質などの有害物質などの分解処理ができる。例えば、有害物質が流入している水源などの浄化や、有害物質原液に対する処理などに適用できる。また、上記

(1) から (3) の作用により、微生物の殺滅ができる。例えば、大腸菌や、耐塩素性原虫のような毒性または病原性を有する微生物で汚染された水源や、湖沼、池

などで青粉を形成する植物プランクトンなどが繁殖している水域の浄化などに適用できる。このように、キャビテーション反応装置では、薬剤などを用いることなく、有害物質などの分解と微生物の殺滅を行なうことができる。

【0023】本実施形態のキャビテーション反応装置により水処理を行なった場合の有害物質などの分解や微生物の殺滅などに関する試験結果の一例を示す。図 5 は、地下水などの汚染物質であるトリクロロエチレンの分解試験を行なった結果を示す図である。グラフの縦軸の分解率は、試験するキャビテーション反応装置の分解率 r を、従来のキャビテーション気泡の核供給を行っていないキャビテーション装置、すなわち無対策時のキャビテーション反応装置の分解率 r^* で割った相対値として表している。つまり、無対策時のキャビテーション反応装置を試験した場合、 $r/r^* = 1$ となる。塵埃などの固体微粒子をほとんど含んでいない気体、すなわち清浄気体を供給する窒素ポンペを気体供給装置 9 として用いた試験では、 $r/r^* = 1.13$ となり、13%ほどトリクロロエチレンの分解能力が向上する。塵埃などの固体微粒子を含む非清浄気体を供給する気体供給装置 9 を用いた場合には、 $r/r^* = 1.35$ となりトリクロロエチレンの分解能力がさらに向上する。これは、水中に空気と共に流入した塵埃などの固体微粒子がキャビテーション気泡の核となることに加えて、微細気泡として与えられた核が、これらの塵埃などの固体微粒子に付着することで安定に存在できるためであると考えられる。本試験結果が示すように、キャビテーション気泡の核を供給することによりトリクロロエチレンの分解能力が向上する。

【0024】図 6 は、トリクロロエチレンと同様に、地下水などの汚染物質であるテトラクロロエチレンの分解試験を行なった結果を示す図である。グラフの縦軸の分解率は、図 5 と同様に示され、無対策時の場合、 $r/r^* = 1$ となる。本試験では、塵埃などの固体微粒子を含む非清浄空気を供給する気体供給装置 9 を用いており、 $r/r^* = 1.37$ となりテトラクロロエチレンの分解能力は 37%ほど向上する。本試験結果が示すように、キャビテーション気泡の核を供給することによりテトラクロロエチレンの分解能力も向上する。これらの結果が示すように、有害物質などの分解において、キャビテーション気泡の核を強制的に供給し、キャビテーションを促進することにより分解能力を向上することができる。

【0025】図 7 は、大腸菌を含む総細菌数が 5000 個/cc を超える、かなり汚染された状態にある河川水を用いて微生物の殺滅試験を行なった結果を示す図である。本試験では、本実施形態の反応槽 15 に代えて、図 9 に示すような開放型の反応槽 65 を用い、噴流 63 が横向きに噴出するようにノズル 21 を取り付けしている。

また、反応槽 65 が開放型であるため、反応槽 65 内の水を供給するための供給配管 41 には、ポンプ 67 が設けられている。図 7 に示されているグラフの縦軸の菌数は、キャビテーション反応処理後の単位体積当たりの菌数 n を、源水中の単位堆積当たりの菌数 n^* で割った相対値として表している。つまり、処理後の菌数が原水中と同じであれば $n/n^* = 1$ となる。従来の無対策のキャビテーション反応装置では $n/n^* \approx 0.17$ であり菌の有意な残存が見とめられる。一方、本発明によりキャビテーション気泡の核を供給した場合には、 $n/n^* \leq 0.01$ であり、菌数を極めて低くすることができる。

【0026】このように、本実施形態のキャビテーション反応装置では、キャビテーション気泡の核となる微細気泡や塵埃などの固体微粒子を強制的に供給しているため、キャビテーション気泡を安定して発生させることができ、被処理液の溶存気体量などにより処理能力が左右されることがない。また、処理が進行し、キャビテーションによる反応槽 15、65 内の脱気が進んでも、ノズル 21 からの噴流によりキャビテーション気泡の核が供給されるので、処理能力が減衰することはない。すなわち、処理能力を向上することができる。さらに、供給されたキャビテーション気泡の核により従来のキャビテーション反応装置よりもキャビテーション反応が増大するため、処理時間を短縮することができ、また、難分解性の物質や殺滅処理に強い細菌や原虫の処理も可能になる。

【0027】また、本実施形態では、図 2 に示すような構成の気体注入器 11 を用いているが、本発明ではこれに限らず、気体を液体へ注入できれば様々な構成の機器、例えばエゼクタのような機器などを用いてもよいし、気体注入器 11 のような多孔ノズル 29 を備えていない T 字管などを用いてもよい。

【0028】また、本実施形態では、図 3 に示すような構成の微細気泡発生器 13 を用いているが、本発明ではこれに限らず、液体に注入された気体を微細気泡化する様々な微細気泡発生手段、例えば多孔質の焼結金属ノズルを備えた微細気泡発生器などを用いることができる。但し、本実施形態で用いた微細気泡発生器 13 は、多孔質の焼結金属ノズルを備えた微細気泡発生器などよりも圧力損失が小さく、孔などの詰まりが少ないため、効率よく微細気泡を発生することができる。

【0029】また、本実施形態では、貯留槽 3 を用いたが、貯留槽 3 を用いず、微細気泡発生手段を直接加圧ポンプ 19 に接続してもよい。但し、貯留槽 3 を設けることにより、加圧ポンプ 19 への被処理水 62 の供給が貯留槽 3 の一定した水頭に応じた圧力で行われるので、装置の作動をより安定にすることができる。

【0030】また、本実施形態では、図 4 に示すようなノズル 21 を用いているが、本発明ではこれに限らず、キャビテーションを発生することができる様々なノズル

を用いることができる。例えば、ノズル 21 では、側壁 51 に、矩形の切り欠き状の開口 53 が形成されているが、これに代えて側壁 51 に穴を形成してもよく、開口 53 や穴の数を変えてもよい。さらに、半球状の凹部 49 を先端部に向けて径が漸増するテーパ状に形成してもよい。また、図 9 のように別の形状の先端部を有するノズル 69 を用いることもできる。ノズル 69 では、流路 55 の先端壁 70 が、先端壁 70 の中央部に穿設された噴出孔 47 の位置の肉厚が先端壁 70 の周囲の肉厚よりも漸次厚くなり、先端壁 70 が噴出孔 47 を中心とするテーパ状に流路 55 に向けて突出して形成されている。このため、噴出孔 47 内に縮流、すなわち液体噴流の収縮部 71 が生じ、この収縮部 71 でキャビテーション気泡が発生することで、収縮部 71 よりも下流の噴流中のキャビテーションを増大させるものである。また、この先端壁 70 のテーパ状の突出に代えて、噴出孔 47 の周囲を囲む筒状の突出を形成してもよく、これらのテーパ状や筒状の突出が、ノズルの外側に向けて形成されていてもよい。なお、ノズル 69 は、図 4 に示すノズル 21 よりも圧力損失がわずかに大きい。また、図 4 のノズル 21 において、半球状の凹部 49 に代えて、筒状の凹部を形成したノズルや、側壁 51 に開口を有していないノズル、さらに、凹部 49 を有していないノズルを用いることもできる。但し、図 4、9 に示すようなノズル 21、69 を用いることにより、キャビテーションを増大させることができる。

【0031】また、本実施形態では、気体供給装置 9 からの空気を含む塵埃などの固体微粒子と微細気泡発生器 13 で微細化された微細気泡をキャビテーション気泡の核としたが、どちらか一方をキャビテーション気泡の核として供給しても、本発明の効果をj得ることができる。但し、図 5 に示すように、塵埃などの固体微粒子と微細気泡の両方をキャビテーション気泡の核として供給する方がキャビテーション反応による処理能力を向上する効果は大きい。

【0032】また、本発明は、本実施形態の構成の反応槽 15、65 などを備えた装置に限らず、ノズル 21 で被処理液中に噴流を起すことができる様々な形態の装置、例えばノズル 21 を直接源水などに設置する場合、すなわち貯水池自体などを反応槽とするような場合にも適用することができる。

【0033】さらに、本実施形態では、有害物質などが流入した地下水、河川、湖沼などの原水を処理する場合を示したが、本発明のキャビテーション反応装置は、有害物質溶液、例えばトリクロロエチレン原液などを直接処理することもできる。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、キャビテーション反応による処理能力を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を適用してなるキャビテーション反応装置の一実施形態の概略構成図である。

【図 2】気体注入器の一実施形態の概略構成を示す斜視図である。

【図 3】微細気泡発生器の一実施形態の概略構成を示す断面図である。

【図 4】(a) は、ノズルの一実施形態の斜視図、

(b) は、(a) の A-A' の断面図である。

【図 5】トリクロロエチレンの分解試験を行なった結果を示す図である。

【図 6】テトラクロロエチレンの分解試験を行なった結果を示す図である。

【図 7】微生物の殺滅試験を行なった結果を示す図であ

る。

【図 8】キャビテーション反応装置の別の実施形態の加圧ポンプと反応槽の部分のみを示す図である。

【図 9】ノズルの別の実施形態の断面図である。

【符号の説明】

1, 40, 62 被処理水

7 ポンプ

9 気体供給装置

11 気体注入器

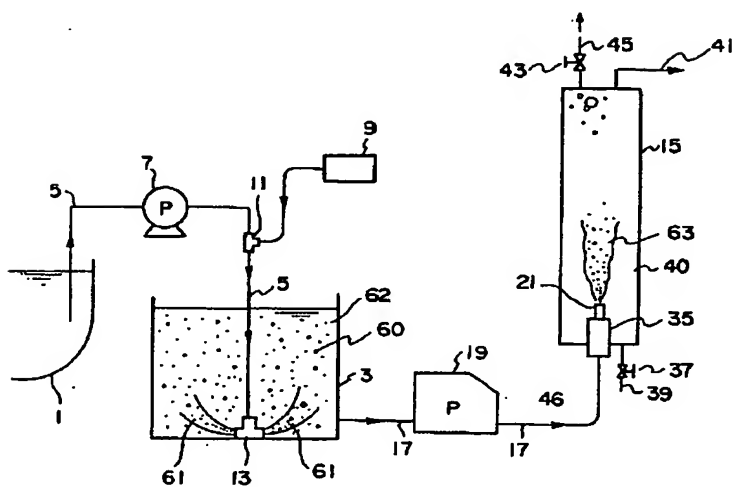
10 13 微細気泡発生器

15 反応槽

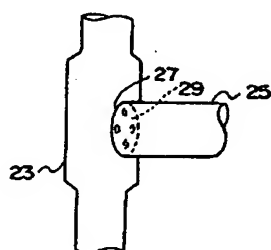
19 加圧ポンプ

21 ノズル

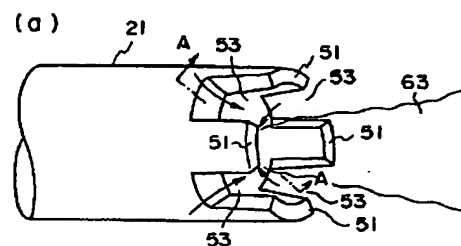
【図 1】



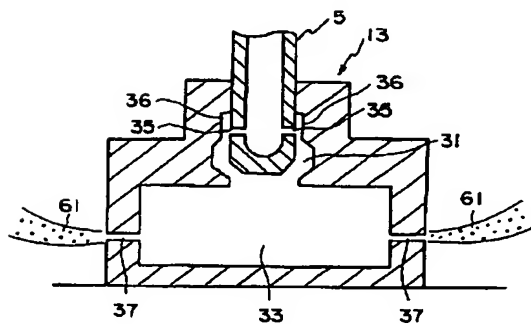
【図 2】



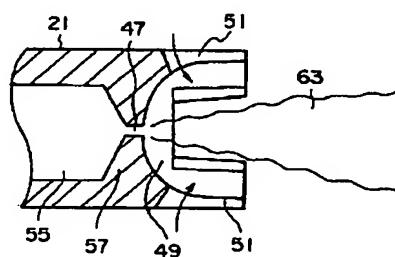
【図 4】



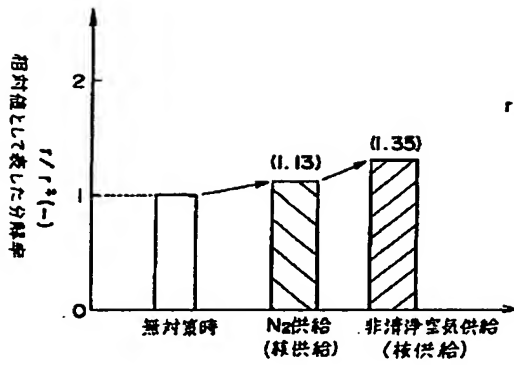
【図 3】



(b)

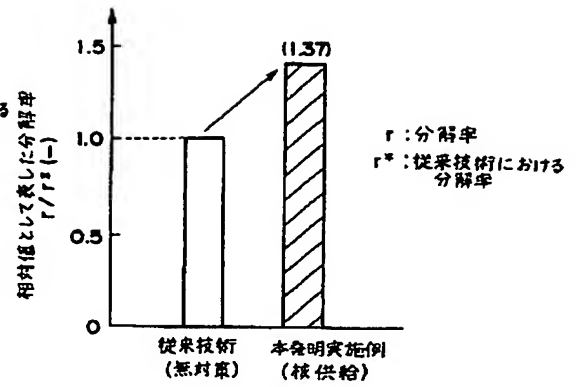


【図5】



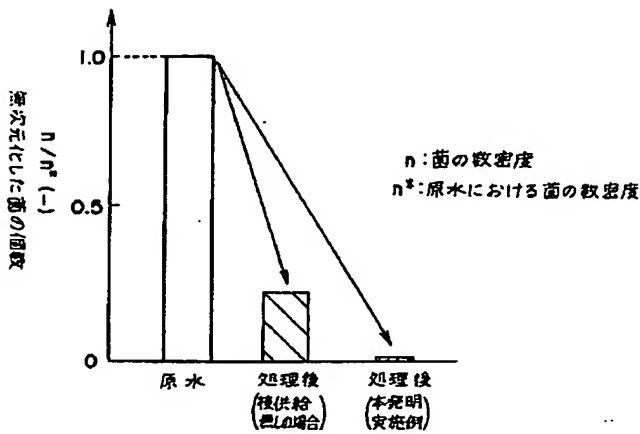
化学物質：トリクロロエチレン

【図6】

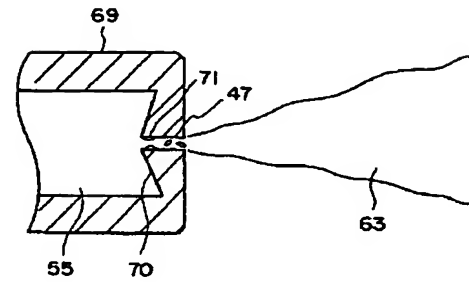


化学物質：テトラクロロエチレン

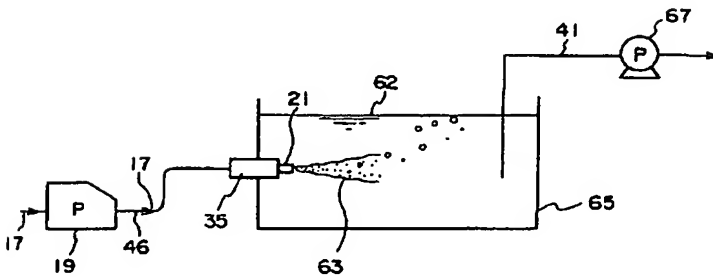
【図7】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 藤田 一紀
広島県呉市宝町3番36号 パブコック日立
株式会社呉研究所内

Fターム(参考) 4G075 AA37 BA05 BD13 BD27 EA01
EB21 EC01